

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

Brief Explanation

(1) Japanese Unexamined Patent Publication No.  
203678/1997

The publication discloses a method and an apparatus for detecting drip in air pressure of a tire, which aim to make possible accurate detection of a drop in the air pressure of a tire even when a large drive torque works on the tire by judging the drop in the air pressure of the tire based on a rotary angular velocity detected when a vehicle is determined to be braked.

In the apparatus, a CPU 2 uses a rotary angular velocity  $F_i$  calculated at each specified cycle based on a wheel speed pulse from a wheel speed sensor 1 to determine an air pressure criterion value  $D_i$  of tires  $W_i$  ( $W_1$ - $W_4$ ). Then, the criterion value  $D'_i$  corrected is held into a buffer to eliminate effect of a fluctuation factor such as horizontal and longitudinal acceleration  $A$  of a vehicle calculated from the angular velocity  $F_i$ . When the acceleration  $A$  is within a range of negative thresholds  $ATH-1$  to  $ATH-3$ , the vehicle is determined to be braked. The criterion value  $D'_i$  held in the buffer is stored into an RAM 2d and when the number of the criterion values  $D'_i$  is determined to reach ( $n$ ), a mean  $D'_{av}$  is calculated. When the absolute value of the mean  $D'_{av}$  exceeds threshold  $DTH-1$  or  $DTH-4$ , it is judged that the air pressure of any tire  $W_i$  drops.

(2) Japanese Unexamined Patent Publication No.  
198520/1995

The publication discloses a device for detecting abnormality of



predetermined range.

In the method, digital signals corresponding to the respective angular velocity of wheels 1-4 are inputted through cables 5 from input terminals 6-9 to a central processing unit 10 to calculate an error value  $DEL' = [(C1+C4)/2 - (C2+C3)/2] \times 100 / (C1+C2+C3+C4)$  from the sum  $C1WC4$  of respective signals for 5 seconds. Also, a correction factor LAT is calculated from the size in comparison of determining factors  $MC1-MC4$  about the respective wheels 1-4 with the central determining factor MPSD. Assuming that A is a constant associated with a vehicle, the error value  $DEL = DEL' - LAT \times A$  is calculated to light warning indicating lamps 12-15 corresponding to wheels having 0.05-0.5 of the error value. Thus, the error signals can be avoided to detect substantially pressure reduction for total travelling time of a vehicle.

(4) Japanese Unexamined Patent Publication No. 8714/1994

The publication is referred to in the specification, and discloses a method for detecting pressure reduction in a tire mounted on a vehicle, which aims to avoid erroneous signals and detect substantially pressure reduction for total travelling time of a vehicle by comparing the angular velocity from speed sensors of respective wheels to calculate error values to determine correction factors and operating tire warning indicator when the corrected error values are predetermined values.

In the method, a central processing unit 10 calculates an error value  $DEL' = [(C1+C4)/2 - (C2+C3)/2] \times 100 / [(C1+C2+C3+C4)/4]$  from the sum  $C1-C4$  of digital pulse signals of respective wheels 1-4 for 5 seconds inputted through a cable 5 and terminals 6-9. Further, a correction factor LAT is determined according to the comparison of

internal pressure in a tire, which aims to provide a detector for abnormality of internal pressure in a tire in order to detect the pressure reduction of the tire attached to an axle by detecting an increase in axle torque.

The device is provided with a storage device 1 to store the range of reference axle torque in which the relationship between vehicle velocity and allowable range of torque that is applied to an axle 8 of respective tire 7 at a normal internal pressure is specified by kinds and states of road surface and by driven wheels or non-driven wheels, a change-over device to indicate the kinds and states of road surface, a vehicle velocity measuring device 3, and an axle torque measuring mechanism 4 that is mounted to the respective axle 8 to measure its torque for the respective axles 8. Furthermore, it is provided with a calculation device 5 that is electrically connected with the device 1, change-over device 3 and mechanism 4 and judges whether or not the axle torque at the measured velocity is within a range of reference axle torque, and an alarm device 6 to issue an alarm when the device 5 judges that it is not.

(3) Japanese Unexamined Patent Publication No. 8713/1994

The publication is referred to in the specification, and discloses a method for detecting pressure reduction in a tire mounted on a vehicle which aims avoid erroneous signals and detect substantially pressure reduction for total traveling time of a vehicle by calculating error values from the comparison of angular velocity signals of wheel speed sensors of respective wheels to determine correctively correction factors and operate a warning indicator when these values are within a

determining factors MC1-MC4 about the respective wheels 1-4 with a central determining factor MPSD to remove vehicle factors. Assuming that A is a constant associated with the vehicle, the error value  $DEL = DEL'LAT \times A$  is calculated and warning indicating lamps 12-15 corresponding to the wheels 1-4 having 0.05-0.5 of the error value are lit. Thus, the error signal can be avoided to detect substantially pressure reduction for total travelling time of the vehicle.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-203678

(43)公開日 平成9年(1997)8月5日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 L 17/00			G 0 1 L 17/00	D
B 6 0 C 23/02			B 6 0 C 23/02	R
B 6 0 S 5/04			B 6 0 S 5/04	

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 19 頁)

(21)出願番号 特願平8-12122

(22)出願日 平成8年(1996)1月26日

(71)出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(71)出願人 000183233

住友ゴム工業株式会社

兵庫県神戸市中央区臨浜町3丁目6番9号

(72)発明者 中島 実香夫

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電

気工業株式会社大阪製作所内

(72)発明者 戸田 敏宏

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電

気工業株式会社大阪製作所内

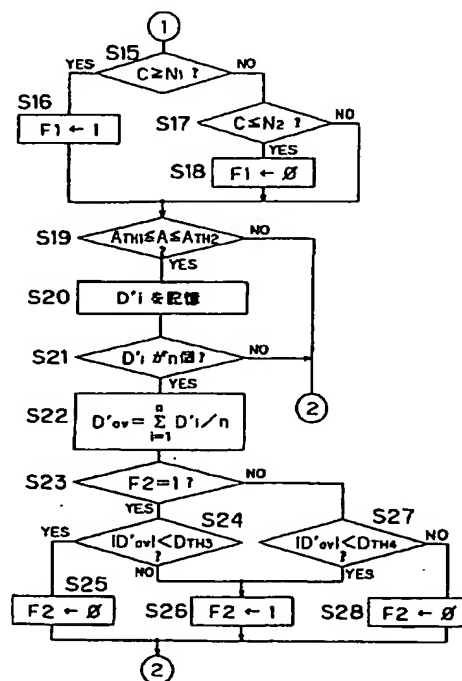
(74)代理人 弁理士 亀井 弘勝 (外1名)

(54)【発明の名称】 タイヤ空気圧低下検出方法および装置

(57)【要約】

【解決手段】車両の前後加速度Aが負の範囲 $A_{TH1} \sim A_{TH2}$ の範囲内にあるか否かが判別される(S19)。その結果、前後加速度Aが $A_{TH1} \sim A_{TH2}$ の範囲内にあると判別され、かつRAMに記憶されている判定値 $D_i'$ がn個に達したと判別されると(S21)、判定値 $D_i'$ の平均値 $D_{av}'$ が求められる(S22)。そして、この平均値 $D_{av}'$ の絶対値が第2しきい値 $D_{TH4}$ 以上である場合には、タイヤの空気圧は低下しているとみなされ、警報発生のためのフラグF2がセットされる(S26)。

【効果】正常時と空気圧低下時との回転角速度の差が相対的に大きい制動状態である場合にのみ空気圧が低下しているか否かが判定される。そのため、タイヤに大きな駆動トルクがかかっている走行条件の頻度が高い場合でも、その影響を受けることなく、空気圧が低下しているか否かを正確に判定できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】車両に備えられているタイヤの回転角速度を検出し、

車両の前後方向加速度を検出し、

この検出された車両の前後方向加速度に基づいて車両が制動状態であるか否かを判別し、

この結果、車両が制動状態であると判別されたときに、上記検出された回転角速度に基づいて、タイヤの空気圧が低下しているか否かを判定することを特徴とするタイヤ空気圧低下検出方法。

【請求項2】車両が制動状態であると判別するための条件は、上記検出された車両の前後方向加速度が負の所定範囲に含まれていることであることを特徴とする請求項1記載のタイヤ空気圧低下検出方法。

【請求項3】車両が制動状態であると判別するための条件は、さらに、車両に備えられているフットブレーキペダルが踏まれていないことであることを特徴とする請求項2記載のタイヤ空気圧低下検出方法。

【請求項4】上記車両の前後方向加速度は、上記検出された各回転角速度に基づいて各タイヤの前後方向加速度を求め、この求められた従動タイヤの前後方向加速度を平均することによって検出されるものであることを特徴とする請求項1、2または3記載のタイヤ空気圧低下検出方法。

【請求項5】上記車両の前後方向加速度は、上記求められた各タイヤの前後方向加速度のうち、駆動力が伝達されない従動タイヤの各前後方向加速度を平均することによって検出されるものであることを特徴とする請求項4記載のタイヤ空気圧低下検出方法。

【請求項6】上記検出された回転角速度を所定の判定式に代入することにより判定値を求め、車両が制動状態であると判別された場合に、上記求められた判定値を保持し、判定値が所定数保持されているか否かを判別し、判定値が所定数保持されていると判別されると、保持されている複数の判定値の平均値を求め、この求められた平均値に基づいて、タイヤの空気圧が低下しているか否かを判定することを特徴とする請求項1、2、3、4または5記載のタイヤ空気圧低下検出方法。

【請求項7】上記検出された回転角速度を所定の判定式に代入することにより判定値を求め、車両の速度を検出し、車両が制動状態であると判別された場合に、上記検出された車両の速度に応じた重み係数を上記求められた判定値に重み付けし、この重み係数が重み付けられた判定値、および上記重み係数を累積し、この累積されている重み係数が所定のしきい値以上であるか否かを判別し、

累積されている重み係数が上記しきい値以上であると判別された場合に、上記累積されている判定値と累積されている重み係数との比に基づいて、タイヤの空気圧が低下しているか否かを判定することを特徴とする請求項1、2、3、4、または5記載のタイヤ空気圧低下検出方法。

【請求項8】車両に備えられているタイヤの回転角速度を検出する回転角速度検出手段と、

車両の前後方向加速度を検出する加速度検出手段と、

この加速度検出手段で検出された車両の前後方向加速度に基づいて、車両が制動状態であるか否かを判別する制動状態判別手段と、

この制動状態判別手段で車両が制動状態であると判別されたときに、上記回転角速度検出手段で検出された回転角速度に基づいて、タイヤの空気圧が低下しているか否かを判定するものであることを特徴とするタイヤ空気圧低下検出装置。

【請求項9】上記制動状態判別手段は、上記加速度検出手段で検出された車両の前後方向加速度が負の所定範囲に含まれているか否かを判別するための手段を含み、車両の前後方向加速度が負の所定範囲に含まれていると判別された場合に、車両は制動状態であると判別するものであることを特徴とする請求項8記載のタイヤ空気圧低下検出装置。

【請求項10】上記制動状態判別手段は、車両に備えられているフットブレーキペダルが踏まれているか否かを判定するための手段をさらに含み、車両の前後方向加速度が負の所定範囲に含まれていると判定され、かつフットブレーキペダルが踏まれていないと判定された場合に、車両は制動状態であると判別するものであることを特徴とする請求項9記載のタイヤ空気圧低下検出装置。

【請求項11】上記加速度検出手段は、上記回転角速度検出手段で検出された各回転角速度に基づいて各タイヤの前後方向加速度を求め、この求められた従動タイヤの前後方向加速度を平均することによって車両の前後方向加速度を検出するものであることを特徴とする請求項8、9または10記載のタイヤ空気圧低下検出装置。

【請求項12】上記加速度検出手段は、上記求められた各タイヤの前後方向加速度のうち、駆動力が伝達されない従動タイヤの各前後方向加速度を平均することによって車両の前後方向加速度を検出するものであることを特徴とする請求項11記載のタイヤ空気圧低下検出装置。

【請求項13】上記回転角速度検出手段で検出された回転角速度を所定の判定式に代入することにより判定値を求めるための判定値演算手段と、

上記制動状態判別手段で車両が制動状態であると判別された場合に、上記判定値演算手段で求められた判定値を保持するための保持手段と、

この保持手段に判定値が所定数保持されているか否かを判別するための個数判別手段と、

この判別手段で上記保持手段に判定値が所定数保持されていると判別されると、上記保持手段に保持されている複数の判定値の平均値を求めるための平均値演算手段とをさらに含み、

上記判定手段は、上記平均値演算手段で求められた平均値に基づいて、タイヤの空気圧が低下しているか否かを判定することを特徴とする請求項8、9、10、11または12記載のタイヤ空気圧低下検出装置。

【請求項14】上記回転角速度検出手段で検出された回転角速度を所定の判定式に代入することにより判定値を

求めるための判定値演算手段と、

車両の速度を検出するための速度検出手段と、  
上記制動状態判別手段で車両が制動状態であると判別された場合に、上記速度検出手段で検出された車両の速度に応じた重み係数を上記判定値演算手段で求められた判定値に重み付けするための重み付け手段と、

この重み付け手段により重み係数が重み付けられた判定値、および上記重み係数を累積するための累積手段と、  
この累積手段で累積されている重み係数が所定のしきい値以上であるか否かを判別するための判定時期判別手段とをさらに含み、

上記判定手段は、上記判定時期判別手段で累積されている重み係数が上記しきい値以上であると判別された場合に、上記累積手段で累積されている判定値と累積されている重み係数との比に基づいて、タイヤの空気圧が低下しているか否かを判定するものであることを特徴とする請求項8、9、10、11または12記載のタイヤ空気圧低下検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、4輪車両に備えられている各タイヤの空気圧の低下を検出する方法、およびこの方法を実施するためのタイヤ空気圧低下検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、乗用車やトラック等の4輪車両のための安全装置の1つとして、タイヤの空気圧の低下を検出する装置が発明され、一部には実用化されているものもある。上記タイヤ空気圧低下検出装置は、主に以下

$$D = \frac{\frac{F_1 + F_3}{2} - \frac{F_2 + F_4}{2}}{\frac{F_1 + F_2 + F_3 + F_4}{4}} \times 100 \quad \cdots (1)$$

【0008】たとえば、各タイヤW<sub>1</sub>の動荷重半径が仮にすべて同一であるとすれば、回転角速度F<sub>1</sub>はすべて同一となるので（F<sub>1</sub> = F<sub>2</sub> = F<sub>3</sub> = F<sub>4</sub>）、判定値D

$$D < -D_{TB1} \quad \text{あるいは} \quad D > D_{TB2} \quad \cdots (2)$$

が満足された場合は、空気圧が低下しているタイヤW<sub>1</sub>があると検出され、満足されなかった場合には、空気圧

に示すような理由によりその重要性が認識され、開発されたものである。すなわち、空気圧が低下すると、たわみの増大によりタイヤの温度が上昇する。温度が高くなるとタイヤに用いられている高分子材料の強度が低下し、タイヤのバーストに繋がる。通常、タイヤの空気が0.5気圧程度抜けても、ドライバはそれに気付かないことが多いから、それを検知できる装置が望まれていた。

【0003】上記タイヤ空気圧低下検出装置における空気圧低下の検出方法は、たとえば車両に備えられている4つのタイヤW<sub>1</sub>、W<sub>2</sub>、W<sub>3</sub>、W<sub>4</sub>の各回転角速度F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>、F<sub>4</sub>（以下総称するときは「回転角速度F<sub>1</sub>」という）の違いに基づく方法がある。なお、タイヤW<sub>1</sub>、W<sub>2</sub>はそれぞれ前左右タイヤに対応し、タイヤW<sub>3</sub>、W<sub>4</sub>はそれぞれ後左右タイヤに対応する。また、タイヤW<sub>1</sub>、W<sub>2</sub>、W<sub>3</sub>、W<sub>4</sub>を総称するときは、「タイヤW<sub>1</sub>」という。

【0004】すなわち、上記方法では、たとえばタイヤW<sub>1</sub>に取付けられた車輪速センサから出力される信号に基づいて、上記タイヤW<sub>1</sub>の回転角速度F<sub>1</sub>が所定のサンプリング周期ごとに検出される。ここで、この検出された回転角速度F<sub>1</sub>は、各タイヤW<sub>1</sub>の動荷重半径（単位時間内に車両が進んだ距離を各タイヤの回転数と2πとの積で割った値。）がすべて同一の場合は、すべて同一である。

【0005】一方、上記タイヤW<sub>1</sub>の動荷重半径は、たとえばタイヤW<sub>1</sub>の空気圧の変化に対応するように変化する。すなわち、タイヤW<sub>1</sub>の空気圧が低下すると、当該タイヤW<sub>1</sub>は収縮する。その結果、動荷重半径は正常内圧時に比べて小さくなる。したがって、その空気圧が低下しているタイヤW<sub>1</sub>の回転角速度F<sub>1</sub>は正常内圧時に比べて速くなる。そのため、各回転角速度F<sub>1</sub>の違いによって、タイヤW<sub>1</sub>の空気圧低下を検出できる。

【0006】回転角速度F<sub>1</sub>の違いによるタイヤW<sub>1</sub>の空気圧低下の検出のための判定式は、たとえば下記(1)式に示すようなものである（たとえば特開昭63-305011号公報、特開平4-212609号公報参照。）。

【0007】

【数1】

は0である。そこで、しきい値D<sub>TB1</sub>、D<sub>TB2</sub>（ただし、D<sub>TB1</sub>、D<sub>TB2</sub> > 0）を設定し、

は低下しているタイヤW<sub>1</sub>はないと検出される。

【0009】しかし、車両が高速走行している場合、空



気圧が低下しているにもかかわらず判定値Dが低下することがある。このような場合、判定値Dは上記(2)式を満足せず、タイヤW<sub>i</sub>はすべて正常内圧であると誤検出するおそれがある。図12は、車両が平坦な道路を走行している場合において、4つのタイヤW<sub>1</sub>、W<sub>2</sub>、W<sub>3</sub>、W<sub>4</sub>のうちいずれか1つが減圧したときに計算される判定値Dの車両の速度に対する変化を示す図である。この図12から明らかなように、車両の速度が上昇するにつれて判定値Dは低下し、車両の速度が200(km/h)付近では零となることがわかる。

【0010】判定値Dの低下の原因は、次に示すとおりである。すなわち、空気圧が低下したタイヤW<sub>i</sub>のグリップ率は、空気圧が正常内圧であるタイヤW<sub>i</sub>のグリップ率よりも大きいことが知られている。タイヤW<sub>i</sub>は、通常、若干スリップしながら回転する。しかし、空気圧が低下したタイヤW<sub>i</sub>は、グリップ率が大きくなった分だけスリップ量が低下する。スリップの低下量は、車両の速度の上昇とともに増加し、タイヤW<sub>i</sub>が収縮したことによる回転数の増加を相殺する。その結果、図12のような現象が生じる。

【0011】これに対処するための技術として、たとえば特開平7-125512号公報に開示されている技術を適用することが考えられる。この公開公報に開示されている技術では、判定値Dを算出した後、この算出された判定値Dに対して速度補正が施される。より詳述すると、上記公開公報に開示されている技術では、車両の速度にそれぞれ対応する補正係数が予め求められる。具体的には、高速走行時ほど判定値Dを大幅に引き上げる必要があるため、高速走行時ほど引き上げ率が高くなるような補正係数が求められる。そして、判定値Dに当該補正係数の逆数を乗じることにより、判定値Dが補正される。その結果、判定値Dは、空気圧が低下したことを表すのに十分な大きさまで引き上げられる。したがって、タイヤの空気圧が低下している場合の判定値Dは上記(2)式を満足することになる。そのため、判定値Dの低下に起因する誤検出を防止できる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述の速度補正は、タイヤW<sub>i</sub>の空気圧が低下している場合だけでなく、タイヤW<sub>i</sub>がすべて正常内圧である場合にも行われる。この場合、判定値Dが常に零ならば、何ら問題はない。零にどのような数値を乗じて、結果は零だからである。

【0013】しかしながら、判定値Dは、実際には、たとえばタイヤW<sub>i</sub>がすべて正常内圧であっても、零になるとは限らない。これは、車両の走行状態や路面状態によって各タイヤW<sub>i</sub>の回転角速度F<sub>i</sub>がばらつくからである。このような場合、上述した判定値Dを引き上げるような速度補正を判定値Dに施せば、回転角速度F<sub>i</sub>のばらつきが助長される。その結果、空気圧が低下している

タイヤW<sub>i</sub>があると誤検出されるおそれがある。

【0014】一方、車両の速度が上昇するということは、タイヤW<sub>i</sub>にかかる駆動トルクが増加しているということの意味する。すなわち、空気圧が低下しているタイヤW<sub>i</sub>があるにもかかわらず判定値Dが低下するのは、実際には、タイヤW<sub>i</sub>に大きな駆動トルクがかかっているために生じる。タイヤW<sub>i</sub>に大きな駆動トルクがかかるような走行としては、高速走行以外に、いわゆる登坂走行がある。したがって、たとえ低速走行時であっても、登坂走行のときには、上述と同様の理由によって判定値Dの低下がみられる。

【0015】これに対処すべく上述した速度補正を判定値Dに施すことが考えられる。しかしながら、上述した速度補正における補正係数は、高速走行時ほど引き上げ率が高くなるように求められるものなので、低速走行時では判定値Dはほとんど引き上げられない。したがって、空気圧が低下しているタイヤW<sub>i</sub>があるにもかかわらず、タイヤW<sub>i</sub>はすべて正常内圧であると誤検出されるおそれがある。

【0016】このように、タイヤW<sub>i</sub>に大きな駆動トルクがかかるような走行をしている場合には、速度補正を施したために誤検出されることがあり、また速度補正自体誤検出回避にあまり意味を持たないときがある。そこで、本発明の目的は、上述の技術的課題を解決し、タイヤに大きな駆動トルクがかかるような走行をしている場合でも、タイヤの空気圧が低下しているか否かを正確に検出することができるタイヤ空気圧低下検出方法を提供することである。

【0017】また、本発明の他の目的は、上記方法を実施するためのタイヤ空気圧低下検出装置を提供することである。

【0018】

【課題を解決するための手段】タイヤに大きな駆動トルクがかかっている場合における誤検出は、空気圧が低下しているタイヤの回転角速度と正常内圧のタイヤの回転角速度とがほとんど同一であることが根源となっている。逆に言えば、もしも空気圧低下時の回転角速度と正常内圧時の回転角速度との差が相対的に大きな状態があれば、速度補正を施さなくても、誤検出を回避できる。

【0019】一方、タイヤに制動トルクが生じている場合、空気圧が低下しているタイヤはグリップ率が大きいので、収縮したことによる回転数の増加に加えて、回転数はさらに増加することになる。上記目的を達成するための請求項1記載のタイヤ空気圧低下検出方法は、車両に備えられているタイヤの回転角速度を検出し、車両の前後方向加速度を検出し、この検出された車両の前後方向加速度に基づいて車両が制動状態であるか否かを判別し、この結果、車両が制動状態であると判別されたときに、上記検出された回転角速度に基づいて、タイヤの空気圧が低下しているか否かを判定することを特徴とす

る。

【0020】この構成では、空気圧低下時のタイヤの回転角速度と正常内圧時のタイヤの回転角速度との差が相対的に大きい制動状態のときにのみ、タイヤの空気圧が低下しているか否かの判定が行われる。したがって、高速走行時や登板走行時でも、タイヤの空気圧が低下しているか否かを正確に検出できる。この検出方法は、たとえば請求項8記載のタイヤ空気圧低下検出装置によって実施することができる。すなわち、請求項8記載のタイヤ空気圧低下検出装置は、車両に備えられているタイヤの回転角速度を検出する回転角速度検出手段と、車両の前後方向加速度を検出する加速度検出手段と、この加速度検出手段で検出された車両の前後方向加速度に基づいて、車両が制動状態であるか否かを判別する制動状態判別手段と、この制動状態判別手段で車両が制動状態であると判別されたときに、上記回転角速度検出手段で検出された回転角速度に基づいて、タイヤの空気圧が低下しているか否かを判定するものであることを特徴とする。

【0021】請求項2記載のタイヤ空気圧低下検出方法は、上記請求項1記載のタイヤ空気圧低下検出方法であって、車両が制動状態であると判別するための条件は、上記検出された車両の前後方向加速度が負の所定範囲に含まれていることであることを特徴とする。車両が制動状態である場合には、車両の前後方向加速度は負の領域の値となる。したがって、この構成によれば、車両が制動状態であるか否かを正確に判別することができる。

【0022】この検出方法は、たとえば請求項9記載のタイヤ空気圧低下検出装置によって実施することができる。すなわち、請求項9記載のタイヤ空気圧低下検出装置は、上記請求項8記載のタイヤ空気圧低下検出装置であって、上記制動状態判別手段は、上記加速度検出手段で検出された車両の前後方向加速度が負の所定範囲に含まれているか否かを判別するための手段を含み、車両の前後方向加速度が負の所定範囲に含まれていると判別された場合に、車両は制動状態であると判別するものであることを特徴とする。

【0023】請求項3記載のタイヤ空気圧低下検出方法は、上記請求項2記載のタイヤ空気圧低下検出方法であって、車両が制動状態であると判別するための条件は、さらに、車両に備えられているフットブレーキペダルが踏まれていないことであることを特徴とする。フットブレーキペダルが踏まれることによる制動時には、各タイヤの回転角速度は、ブレーキパッドの磨耗状態に応じて変動する。したがって、この場合に空気圧低下検出を行うと、誤検出するおそれがある。そのため、この構成によれば、空気圧の低下を正確に検出できる。

【0024】この検出方法は、たとえば請求項10記載のタイヤ空気圧低下検出装置によって実施することができる。すなわち、請求項10記載のタイヤ空気圧低下検出装置は、上記請求項9記載のタイヤ空気圧低下検出装

置であって、上記制動状態判別手段は、車両に備えられているフットブレーキペダルが踏まれているか否かを判定するための手段をさらに含み、車両の前後方向加速度が負の所定範囲に含まれていると判定され、かつフットブレーキペダルが踏まれていないと判定された場合に、車両は制動状態であると判別するものであることを特徴とする。

【0025】請求項4記載のタイヤ空気圧低下検出方法は、上記請求項1、2または3記載のタイヤ空気圧低下検出方法であって、上記車両の前後方向加速度は、上記検出された各回転角速度に基づいて各タイヤの前後方向加速度を求め、この求められた従動タイヤの前後方向加速度を平均することによって検出されるものであることを特徴とする。

【0026】この構成によれば、車両の回転角速度を基礎情報として車両の前後方向加速度を検出することができるので、前後方向加速度を検出するための特別な構成は不要となる。この検出方法は、たとえば請求項11記載のタイヤ空気圧低下検出装置によって実施することができる。すなわち、請求項11記載のタイヤ空気圧低下検出装置は、上記請求項8、9または10記載のタイヤ空気圧低下検出装置であって、上記加速度検出手段は、上記回転角速度検出手段で検出された各回転角速度に基づいて各タイヤの前後方向加速度を求め、この求められた従動タイヤの前後方向加速度を平均することによって車両の前後方向加速度を検出するものであることを特徴とする。

【0027】請求項5記載のタイヤ空気圧低下検出方法は、上記請求項4記載のタイヤ空気圧低下検出方法であって、上記車両の前後方向加速度は、上記求められた各タイヤの前後方向加速度のうち、駆動力が伝達されない従動タイヤの各前後方向加速度を平均することによって検出されるものであることを特徴とする。駆動力が伝達される駆動タイヤの回転角速度には、スピン等によりノイズが混入しやすいのに対して、駆動力が伝達されない従動タイヤの回転角速度には通常混入されない。したがって、この構成によれば、車両の前後方向加速度を一層正確に検出できる。

【0028】この検出方法は、たとえば請求項12記載のタイヤ空気圧低下検出装置によって実施することができる。すなわち、請求項12記載のタイヤ空気圧低下検出装置は、上記請求項11記載のタイヤ空気圧低下検出装置であって、上記加速度検出手段は、上記求められた各タイヤの前後方向加速度のうち、駆動力が伝達されない従動タイヤの各前後方向加速度を平均することによって車両の前後方向加速度を検出するものであることを特徴とする。

【0029】請求項6記載のタイヤ空気圧低下検出方法は、上記請求項1、2、3、4または5記載のタイヤ空気圧低下検出方法であって、上記検出された回転角速度

を所定の判定式に代入することにより判定値を求め、車両が制動状態であると判別された場合に、上記求められた判定値を保持し、判定値が所定数保持されているか否かを判別し、判定値が所定数保持されていると判別されると、保持されている複数の判定値の平均値を求め、この求められた平均値に基づいて、タイヤの空気圧が低下しているか否かを検出することを特徴とする。

【0030】車両の走行状態や路面状態によっては、検出される回転角速度に突発的なノイズが混入するおそれがある。この場合、判定値はタイヤの空気圧の状態を正確に表していない。そのため、1回の空気圧低下検出では、誤検出するおそれがある。一方、この構成では、車両が制動状態であると判別された場合に求められた判定値を保持し、この判定値が所定数保持された場合にその平均値に基づいて、タイヤの空気圧が低下しているか否かが検出される。したがって、上記ノイズ等の影響を吸収できる。そのため、タイヤの空気圧が低下しているか否かを正確に検出できる。

【0031】この検出方法は、たとえば請求項13記載のタイヤ空気圧低下検出装置によって実施することができる。すなわち、請求項13記載のタイヤ空気圧低下検出装置は、上記請求項8、9、10、11または12記載のタイヤ空気圧低下検出装置であって、上記回転角速度検出手段で検出された回転角速度を所定の判定式に代入することにより判定値を求めるための判定値演算手段と、上記制動状態判別手段で車両が制動状態であると判別された場合に、上記判定値演算手段で求められた判定値を保持するための保持手段と、この保持手段に判定値が所定数保持されているか否かを判別するための個数判別手段と、この判別手段で上記保持手段に判定値が所定数保持されていると判別されると、上記保持手段に保持されている複数の判定値の平均値を求めるための平均値演算手段とをさらに含み、上記判定手段は、上記平均値演算手段で求められた平均値に基づいて、タイヤの空気圧が低下しているか否かを検出することを特徴とする。

【0032】請求項7記載のタイヤ空気圧低下検出方法は、上記請求項1、2、3、4または5記載のタイヤ空気圧低下検出方法であって、上記検出された回転角速度を所定の判定式に代入することにより判定値を求め、車両の速度を検出し、車両が制動状態であると判別された場合に、上記検出された車両の速度に応じた重み係数を上記求められた判定値に重み付けし、この重み係数が重み付けられた判定値、および上記重み係数を累積し、この累積されている重み係数が所定のしきい値以上であるか否かを判別し、累積されている重み係数が上記しきい値以上であると判別された場合に、上記累積されている判定値と累積されている重み係数との比に基づいて、タイヤの空気圧が低下しているか否かを検出することを特徴とする。

【0033】この構成では、車両が制動状態である場

合、車両の速度に応じた重み係数が判定値に重み付けされ、当該重み付けされた判定値および重み係数が累積される。そして、累積されている重み係数がしきい値以上になった場合、上記累積されている判定値および重み係数の比に基づいて、タイヤの空気圧が低下しているか否かが検出される。

【0034】ところで、車両の高速走行時には、車両の走行状態や路面状態は比較的安定している。したがって、突発的なノイズ等が回転角速度に混入することはほとんどない。一方、たとえばタイヤがパンクした場合には、高速走行になるほどバーストする可能性が高まる。したがって、車両の高速走行時では、タイヤの空気圧が低下しているか否かの検出をできるだけ速く実行する方が好ましい。

【0035】したがって、たとえば車両の速度が上昇するほど大きな重み係数を対応付けておけば、車両の速度が速いほど累積される重み係数は速くしきい値に達する。その結果、タイヤの空気圧が低下しているか否かの検出を車両が高速走行するほど速く実行することができる。この検出方法は、たとえば請求項14記載のタイヤ空気圧低下検出装置によって実現することができる。すなわち、請求項14記載のタイヤ空気圧低下検出装置は、上記請求項8、9、10、11または12記載のタイヤ空気圧低下検出装置であって、上記回転角速度検出手段で検出された回転角速度を所定の判定式に代入することにより判定値を求めるための判定値演算手段と、車両の速度を検出するための速度検出手段と、上記制動状態判別手段で車両が制動状態であると判別された場合に、上記速度検出手段で検出された車両の速度に応じた重み係数を上記判定値演算手段で求められた判定値に重み付けするための重み付け手段と、この重み付け手段により重み係数が重み付けられた判定値、および上記重み係数を累積するための累積手段と、この累積手段で累積されている重み係数が所定のしきい値以上であるか否かを判別するための判定時期判別手段とをさらに含み、上記判定手段は、上記判定時期判別手段で累積されている重み係数が上記しきい値以上であると判別された場合に、上記累積手段で累積されている判定値と累積されている重み係数との比に基づいて、タイヤの空気圧が低下しているか否かを検出するものであることを特徴とする。

【0036】

【発明の実施の形態】以下では、この発明の実施の形態を、添付図面を参照して詳細に説明する。図1は、この発明の一実施形態が適用されたタイヤ空気圧低下検出装置の構成を示すブロック図である。このタイヤ空気圧低下検出装置は、4輪車両に備えられた4つのタイヤ $W_1$ 、 $W_2$ 、 $W_3$ 、 $W_4$ （以下総称するときは「タイヤ $W_i$ 」という。）の空気圧が低下しているか否かを検出するものである。ここに、タイヤ $W_1$ 、 $W_2$ はそれぞれ

前左右タイヤに対応し、タイヤ $W_3$ 、 $W_4$ はそれぞれ後左右タイヤに対応する。

【0037】このタイヤ空気圧低下検出装置は、各タイヤ $W_1$ 、 $W_2$ 、 $W_3$ 、 $W_4$ にそれぞれ関連して設けられた従来公知の車輪速センサ1を備えている。車輪速センサ1の出力は制御ユニット2に与えられる。制御ユニット2には、空気圧が低下したタイヤ $W_i$ を知らせるための表示器3が接続されている。表示器3は、液晶表示素子、プラズマ表示素子またはCRT等で構成されたものである。

【0038】このタイヤ空気圧低下検出装置は、また、フットブレーキ作動状態検出ユニット4を備えている。フットブレーキ作動状態検出ユニット4は、ドライバがフットブレーキペダル5を踏んでいるか否かを検出するためのものである。フットブレーキ作動状態検出ユニット4には、アンチロックブレーキシステム(ABS)等で使用されているものを適用することができる。フットブレーキ作動状態検出ユニット4の検出出力は、制御ユニット2に与えられる。

【0039】図2は、上記タイヤ空気圧低下検出装置の電氣的構成を示すブロック図である。制御ユニット2は、I/Oインタフェース2a、CPU2b、ROM2c、RAM2dおよびカウンタCNTを含むマイクロコンピュータで構成されている。I/Oインタフェース2aは、車輪速センサ1、フットブレーキ作動状態検出ユニット4および表示器3を含む外部装置との信号の受渡しに必要なものである。CPU2bは、ROM2cに格納されている制御動作プログラムに従い、種々の処理を実行するためのものである。RAM2dは、CPU2bが制御動作を行う際にデータ等が一時的に書込まれた

$$F_{11} = F_1 \quad \cdots (3)$$

$$F_{12} = m F_2 \quad \cdots (4)$$

$$F_{13} = F_3 \quad \cdots (5)$$

$$F_{14} = n F_4 \quad \cdots (6)$$

と補正される。

【0043】上記補正係数 $m$ 、 $n$ は、次のような場合に取得され、制御ユニット2のROM2cに予め記憶されている。すなわち、たとえば車両を初めて走行させるとき、タイヤ $W_i$ の空気圧を補充したとき、またはタイヤ $W_i$ を交換した場合に取得される。上記補正係数 $m$ 、 $n$

$$m = F_1 / F_2 \quad \cdots (7)$$

$$n = F_3 / F_4 \quad \cdots (8)$$

ところで、タイヤ $W_i$ の回転角速度 $F_i$ は、上記初期差異によるばらつきだけでなく、たとえば車両がコーナーを走行するときの各タイヤ $W_i$ の内輪差、および車両の荷重移動によってもばらつく。

【0045】より詳述すると、車両がコーナーを走行する場合には、旋回中心から各タイヤ $W_i$ までの距離はすべて異なる。したがって、各タイヤ $W_i$ の回転距離も各タイヤ $W_i$ ごとに異なる。その結果、各タイヤ $W_i$ の回

り、その書込まれたデータ等が読出されるものである。カウンタCNTは、後述する警報発生/停止処理に必要なカウント値Cをカウントするためのものである。

【0040】車輪速センサ1では、タイヤ $W_i$ の回転数に対応したパルス信号(以下「車輪速パルス」という)が出力される。CPU2bでは、車輪速センサ1から出力された車輪速パルスに基づき、所定のサンプリング周期 $\Delta T$ (sec)(たとえば $\Delta T=1$ )ごとに、各タイヤ $W_i$ の回転角速度 $F_i$ が算出される。図3、図4および図5は、上記タイヤ空気圧低下検出装置における警報発生/停止処理を説明するためのフローチャートである。なお、この処理はソフトウェア処理で実現される。また、以下の説明では、車両はFF(フロントエンジン・フロントドライブ)車を例にとりて行う。

【0041】このタイヤ空気圧低下検出処理では、先ず、後述するフラグ $F_1$ 、 $F_2$ がリセットされる(ステップS1)。次いで、各車輪速センサ1から出力される車輪速パルスに基づいて各タイヤ $W_i$ の回転角速度 $F_i$ が算出される(ステップS2)。ここで、タイヤ $W_i$ は、規格内でのばらつき(以下「初期差異」という。)が含まれて製造される。したがって、各タイヤ $W_i$ の動荷重半径は、すべてのタイヤ $W_i$ がたとえ正常内圧であっても、同一とは限らない。そのため、各タイヤ $W_i$ の回転角速度 $F_i$ はばらつくことになる。なお、動荷重半径とは、単位時間内に車両が進んだ距離を各タイヤの回転数と $2\pi$ との積で割った値である。

【0042】そこで、上記ステップS2にて回転角速度 $F_i$ が算出されると、この算出された回転角速度 $F_i$ が初期差異によるばらつきを打消すように補正される(ステップS3)。具体的には、

は、たとえば車両が直線走行をしていることを条件として回転角速度 $F_i$ を算出し、この算出された回転角速度 $F_i$ に基づいて下記(7)、(8)式のようにして取得することが考えられる。

【0044】

回転角速度 $F_i$ は必然的にばらつく。また、車両の重心には、旋回半径 $R$ の逆数および車両の速度 $V$ の2乗に比例した車両の横方向加速度(以下「横 $G$ 」という。)がコーナー外側方向に向かって作用する。したがって、車両の荷重がコーナー内側からコーナー外側に移動する。これに伴い、従動タイヤ $W_3$ 、 $W_4$ (この実施例ではFF車を前提にしているから。)の各動荷重半径は変動する。

【0046】そこで、次に、先ず、車両の荷重移動に起因するばらつきを排除した車両の旋回半径Rが計算される(ステップS4)。より詳述すると、先ず、初期補正後の回転角速度F13、F14に基づき、下記(9)、(10)式に示すように、従動タイヤW3、W4の速度V13、V14が算出される。ただし、下記(9)、(10)式

$$V13 = r \times F13$$

……(9)

$$V14 = r \times F14$$

……(10)

次いで、この算出された従動タイヤW3、W4の速度V13、V14に基づいて、下記(11)式に示すように、車両の旋回半径R'が算出される。ただし、下記(11)式において、Twは車両の従動軸(FF車の場合は後側)の

$$R' = \frac{Tw}{2} \times \frac{V14 + V13}{V14 - V13}$$

……(11)

【0049】そして、この算出された車両の旋回半径R'に対して、下記(12)式に示すように、車両の荷重移動に起因するばらつきを排除するような補正が施され

$$R = R' \times \{ \gamma + \sigma \times (V13 + V14)^2 \}$$

……(12)

次に、この求められた車両の旋回半径Rに基づいて、各タイヤW1の内輪差に起因するばらつきを排除するように、上記ステップS3にて算出された初期補正後の回転角速度F11が補正される(ステップS5)。具体的に

$$F21 = \frac{|R|}{\sqrt{\{(R - Tw/2)^2 + WB^2\}}} \times F11$$

……(13)

$$F22 = \frac{|R|}{\sqrt{\{(R + Tw/2)^2 + WB^2\}}} \times F12$$

……(14)

$$F23 = \frac{|R|}{|R - Tw/2|} \times F13$$

……(15)

$$F24 = \frac{|R|}{|R + Tw/2|} \times F14$$

……(16)

【0051】のように補正される。これにより、コーナー内側のタイヤW1とコーナー外側のタイヤW1との内輪差に起因するばらつきを排除した回転角速度F21が取得される。なお、上記(13)~(16)式において、WBは車両のホイールベースを表す。

【0052】また、上記(13)~(16)式の補正は、上述の

において、rはROM2cに予め記憶されているタイヤW1の正常内圧時の静荷重半径である。なお、静荷重半径は、静止しているタイヤW1に荷重をかけたときのタイヤW1の中心から路面までの距離である。

【0047】

トレッド幅を表す。

【0048】

【数2】

る。ただし、下記(12)式において、γおよびσは定数である。

は、

【0050】

【数3】

ように、車両がFF車である場合を想定した処理である。もしも車両がFR(フロントエンジン・リアドライブ)車であれば、下記(17)~(20)式のように補正される。

【0053】

【数4】

15

$$F_{21} = \frac{|R|}{|R - Tw/2|} \times F_{11} \quad \dots(17)$$

$$F_{22} = \frac{|R|}{|R + Tw/2|} \times F_{12} \quad \dots(18)$$

$$F_{23} = \frac{|R|}{\sqrt{\{(R - Tw/2)^2 + WB^2\}}} \times F_{13} \quad \dots(19)$$

$$F_{24} = \frac{|R|}{\sqrt{\{(R + Tw/2)^2 + WB^2\}}} \times F_{14} \quad \dots(20)$$

【0054】ところで、上記回転角速度 $F_1$ は、車両の旋回半径 $R$ 、車両の速度 $V$ 、車両の横 $G$ および各タイヤ $W_i$ の前後方向加速度（以下単に「前後加速度」という） $A_i$ の大きさによって誤差が含まれることがある。すなわち、旋回半径 $R$ が相対的に小さい場合には、タイヤ $W_i$ が横すべりするおそれがあるので、算出される回転角速度 $F_1$ に誤差が含まれる可能性が高い。また、車両の速度 $V$ が極低速である場合には、車輪速センサ1の検出精度が著しく悪くなるので、算出される回転角速度 $F_1$ に誤差が含まれる可能性が高い。さらに、車両の横 $G$ が相対的に大きい場合には、タイヤ $W_i$ が横すべりするおそれがあるので、算出される回転角速度 $F_1$ に誤差が含まれる可能性が高い。さらにまた、各タイヤ $W_i$ の前後加速度 $A_i$ が相対的に大きい場合には、たとえば車

$$V_{2i} = r \times F_{2i} \quad \dots(21)$$

そして、この算出された各タイヤ $W_i$ の速度 $V_{2i}$ に基づき、  
一方、車両の横 $G$ は、この算出された車両の速度 $V$ を利用して、下記(23)式によって算出される。

$$V = (V_{21} + V_{22} + V_{23} + V_{24}) / 4 \quad \dots(22)$$

また、各タイヤ $W_i$ の前後加速度 $A_i$ は、1周期前のサンプリング周期 $\Delta T$ において算出された各タイヤ $W_i$ の速度を $BV_{2i}$ とすると、下記(24)式によって算出される。なお、下記(24)式において、分母に9.8が挿入さ

$$A_i = (V_{2i} - BV_{2i}) / (\Delta T \times 9.8) \quad \dots(23)$$

また、車両の前後加速度 $A$ は、上記各タイヤ $W_i$ の前後加速度 $A_i$ に基づいて、下記(25)式のようにして求めら

$$A = \Sigma A_i / 4 \quad \dots(24)$$

なお、車両の前後加速度 $A$ は、上記(25)式だけに限らず、車両がFF車かFR車かによって、それぞれ、下記

$$A = (A_3 + A_4) / 2 \quad \dots(25)$$

$$A = (A_1 + A_2) / 2 \quad \dots(26)$$

このように、上記(26)式または(27)式では、駆動力が伝達されない従動タイヤ $W_i$ の各前後加速度 $A_i$ に基づいて車両の前後加速度 $A$ が求められている。これは、駆動

16

両が急加速/急減速することによるタイヤ $W_i$ のスリップまたはフットブレーキの影響が考えられるので、算出される回転角速度 $F_1$ に誤差が含まれる可能性が高い。

【0055】このように、回転角速度 $F_1$ に誤差が含まれる可能性の高い場合には、その回転角速度 $F_1$ を空気圧低下の検出に採用せずにリジェクト（排除）する方が好ましい。そこで、次に、車両の速度 $V$ 、横 $G$ 、各タイヤ $W_i$ の前後加速度 $A_i$ および車両の前後加速度 $A$ が算出される（ステップS6）。より詳述すると、車両の速度 $V$ は、各タイヤ $W_i$ の速度 $V_{2i}$ に基づいて算出される。上記各タイヤ $W_i$ の速度 $V_{2i}$ は下記(21)式によって算出される。

【0056】  
つき、車両の速度 $V$ が下記(22)式によって算出される。

【0057】  
れているのは、各タイヤ $W_i$ の前後加速度 $A_i$ を $G$ 換算するためである。

【0058】  
れる。ただし、下記(25)式において、 $i = 1 \sim 4$ である。

【0059】  
(26)式または(27)式によって求めるようにしてもよい。

タイヤ $W_i$ の前後加速度 $A_i$ を利用すると、駆動タイヤ $W_i$ はスリップするおそれがあるため、車両の前後加速度 $A$ を正確に求めることができない場合があるからであ

る。

【0060】また、上記車両の速度V、横Gおよび車両の前後加速度Aは、たとえば各量V、横G、Aを求めることができるセンサで直接求めるようにしてもよい。そして、車両の旋回半径R、車両の速度V、各タイヤW<sub>i</sub>の前後加速度A<sub>i</sub>および車両の横Gに基づき、上記ステップS5で得られた回転角速度F<sub>2i</sub>をリジェクトするか否かが判別される(ステップS7)。具体的には、次に示す①~④の4つの条件のうち、いずれか1つでも該当した場合には、回転角速度F<sub>2i</sub>がリジェクトされ

【0061】① $|R| < R_{TH}$  (たとえば $R_{TH} = 30(m)$ )

② $V < V_{TH}$  (たとえば $V_{TH} \approx 2.78(m/sec)$ )

③ $MAX\{|A_i|\} > A_{TH}$  (たとえば $A_{TH} = 0.1(g)$ )

④ $|横G| > G_{TH}$  (たとえば $G_{TH} = 0.4(g)$ )

上記ステップS7での判別の結果、回転角速度F<sub>2i</sub>をリジェクトしない場合には、その回転角速度F<sub>2i</sub>に基づいて、判定値D<sub>i</sub>が下記(28)式によって算出される(ステップS8)。

【0062】

【数5】

$$D_i = \frac{\frac{F_{21} + F_{24}}{2} - \frac{F_{22} + F_{23}}{2}}{\frac{F_{21} + F_{22} + F_{23} + F_{24}}{4}} \times 100 \quad \dots\dots(28)$$

【0063】ところで、上記ステップS6における車両の速度V、横G、各タイヤW<sub>i</sub>の前後加速度A<sub>i</sub>および車両の前後加速度Aの算出は、初期差異およびタイヤW<sub>i</sub>の内輪差に応じた補正が施された回転角速度F<sub>2i</sub>を用いて行われる。一方、タイヤW<sub>i</sub>の動荷重半径は、初期差異およびタイヤW<sub>i</sub>の内輪差だけでなく、車両の旋回半径R、速度V、横Gおよび前後加速度Aによっても変動する。したがって、上記ステップS8で求められる

$$D_i' = D_i - \frac{横G \times (\alpha 1 + \alpha 2 \times V^2 + \alpha 3 \times A)}{|R|} \quad \dots\dots(29)$$

【0066】のような補正が施される。なお、このステップS9にて得られた判定値D<sub>i</sub>'は、CPU2b内のバッファ(図示せず。)にいったん保持される。ここで、上記(29)式において、α1、α2およびα3は係数である。係数α1、α2、α3は、各タイヤW<sub>i</sub>が正常内圧であるとわかっているときに試験走行を行い、そのときに算出された車両の速度V、車両の前後加速度A、車両の横Gまたは旋回半径Rに基づいて予め求められる

$$D_i' < -D_{TH1} \quad \text{あるいは} \quad D_i' > D_{TH2} \quad \dots\dots(30)$$

この結果、判定値D<sub>i</sub>'が、図6のS a、S bに示すように、-D<sub>TH1</sub>、D<sub>TH2</sub>の間からはみ出していれば、すなわち上記(30)式を満たしていれば、空気圧は低下していると判定される。一方、上記判定値D<sub>i</sub>'が-D<sub>TH1</sub>、D<sub>TH2</sub>の間にあれば、すなわち上記(30)式を満たしていなければ、空気圧は低下していないと判定される。

【0068】上記ステップS10での判定の結果、タイヤW<sub>i</sub>の空気圧が低下していると判定されると、カウンタCNTのカウンタ値Cが当該カウンタ値Cの上昇過剰を防止するための設定された上限しきい値L<sub>1</sub>(たとえばL<sub>1</sub>=10)未満であるか否かが判別される(ステップS11)。その結果、上記カウンタ値Cが上限しきい値

判定値D<sub>i</sub>には、車両の旋回半径R、速度V、横Gおよび前後加速度Aを含む変動要因の影響が作用している。

【0064】そこで、車両の旋回半径R、速度V、横Gおよび前後加速度Aなどの判定値D<sub>i</sub>の変動要因の影響を排除するための補正が行われる(ステップS9)。具体的には、

【0065】

【数6】

ものである。係数α1、α2、α3は、たとえば制御ユニット2のROM2cに予め記憶されている。

【0067】上記ステップS9にて得られた補正後の判定値D<sub>i</sub>'を用いて、下記(30)式により、空気圧が低下しているか否かが判定される(ステップS10)。なお、下記(30)式において、たとえばD<sub>TH1</sub>=D<sub>TH2</sub>=0.1である。

L<sub>1</sub>未満であれば、上記カウンタ値Cがインクリメントされる(ステップS12)。反対に、カウンタ値Cが上限しきい値L<sub>1</sub>以上であれば、次の図4のステップS15に直接移行する。

【0069】一方、上記ステップS10での判別の結果、タイヤW<sub>i</sub>の空気圧は低下していないと判定されると、カウンタCNTのカウンタ値Cが当該カウンタ値Cの下降過剰を防止するために設定された定常値L<sub>2</sub>(たとえばL<sub>2</sub>=0)よりも大きいかが判別される(ステップS13)。その結果、上記カウンタ値Cが定常値L<sub>2</sub>よりも大きければ、上記カウンタ値Cはデクリメントされる(ステップS14)。反対に、カウンタ値Cが定常値L<sub>2</sub>以下であれば、次のステップS15に直接移



行する。

【0070】ステップS15～S18では、第1の警報準備処理が行われる。より詳述すると、先ず、上記カウント値Cが警報発生しきい値N<sub>1</sub>（たとえばN<sub>1</sub>=L<sub>1</sub>=10）以上であるか否かが判別される（ステップS15）。その結果、上記カウント値Cが警報発生しきい値N<sub>1</sub>以上であると判別されると、警報を発生させるため、フラグF1がセットされる（ステップS16）。

【0071】一方、上記カウント値Cが警報発生しきい値N<sub>1</sub>未満であると判別されると、次に上記カウント値Cが警報禁止しきい値N<sub>2</sub>（たとえばN<sub>2</sub>=L<sub>2</sub>=0）以下であるか否かが判別される（ステップS17）。その結果、上記カウント値Cが警報禁止しきい値N<sub>2</sub>以下であると判別されると、警報発生を禁止するため、上記フラグF1がリセットされる（ステップS18）。反対に、上記カウント値Cが警報禁止しきい値N<sub>2</sub>よりも大きいと判別されると、何の処理も行わず、直接ステップS19に移行する。

【0072】このように、警報の発生／禁止に必要なフラグF1のセット／リセットを複数周期にわたって同じ判定がある程度連続して行われたときに行うようにしているため、ノイズなどの突発的な影響による警報の誤発生／誤禁止を防止できる。ところで、タイヤW<sub>1</sub>の空気圧が低下している場合、タイヤW<sub>1</sub>にかかる駆動トルクが小さいような走行をしているときには、当該タイヤW<sub>1</sub>の回転角速度F<sub>1</sub>は正常内圧のタイヤW<sub>1</sub>の回転角速度F<sub>1</sub>に比べて速くなる。したがって、上記ステップS10において、判定値D<sub>1</sub>'は上記(30)式を満足する。

【0073】これに対して、タイヤW<sub>1</sub>にかかる駆動トルクが大きいような走行をしているときには、タイヤW<sub>1</sub>に作用するスリップ量の低下のため、空気圧が低下しているタイヤW<sub>1</sub>の回転角速度F<sub>1</sub>と正常内圧のタイヤW<sub>1</sub>の回転角速度F<sub>1</sub>との差はほとんどない。このとき、判定値D<sub>1</sub>'は0になるおそれがある。したがって、上記ステップS10において、タイヤW<sub>1</sub>の空気圧

$$D_{av} = \Sigma D_1' / n$$

このように、判定値D<sub>1</sub>'の平均値D<sub>av</sub>を求めるのは、ノイズ等で誤った判定値D<sub>1</sub>'が求められ、これにより警報が誤発生するのを防止するためである。平均値D<sub>av</sub>が取得されると、現在警報が発生しているか否かを判断するため、フラグF2がセットされているか否かが判別される（ステップS23）。

【0078】フラグF2は、フラグF1と同様に、警報を発生させるか否かを示すためのものである。相違点

$$|D_{av}| < D_{TH3}$$

その結果、上記(32)式が満足されたと判別されると、タイヤW<sub>1</sub>の空気圧はすべて正常内圧であると判断される。一方、フラグF2がセットされているということは現在警報が発生しているということである。したがって、当該警報は誤警報である。そのため、当該誤警報を

はすべて正常であると判定されるおそれがある。その結果、本来なら警報発生のために上記ステップS15～S18の第1の警報準備処理においてフラグF1をセットしなければならないのに、フラグF1がセットされないか、またはセットされるまで時間がかかるおそれがある。

【0074】そこで、このような事態に対処すべく、第2の警報準備処理が実行される（ステップS19～S28）。この第2の警報準備処理は、車両が制動状態である場合にのみ実行される処理である。理由については後述する。この第2の警報発生処理では、まず、車両が制動状態であるか否かが調べられる。具体的には、車両の前後加速度Aが負のしきい値A<sub>TH1</sub>（たとえばA<sub>TH1</sub>=-0.1）と負のしきい値A<sub>TH2</sub>（たとえばA<sub>TH2</sub>=-0.05）との間の所定範囲A<sub>E</sub>に含まれているか否かが判別される（ステップS19）。

【0075】その結果、車両の前後加速度Aが上記所定範囲A<sub>E</sub>に含まれていないと判別されると、車両は制動状態ではないと判断され、第2の警報準備処理は実行されずに後述する図5のステップS29に直接移行する。一方、上記ステップS19での判別の結果、車両の前後加速度Aは上記所定範囲A<sub>E</sub>に含まれていると判別されると、車両は制動状態であると判断され、上記ステップS9で取得されてバッファに保持されている判定値D'がRAM2dに記憶される（ステップS20）。その後、このRAM2dに記憶されている判定値D<sub>1</sub>'がn個に達したか否かが判別される（ステップS21）。

【0076】その結果、RAM2dに記憶されている判定値D<sub>1</sub>'はまだn個に達していないと判別されると、後述する図5のステップS29に直接移行する。一方、RAM2dに記憶されている判定値D<sub>1</sub>'がn個に達したと判別されると、下記(31)式に示すように、平均値D<sub>av</sub>が算出される（ステップS22）。ただし、下記(31)式において、i=1～nである。

$$\begin{aligned} & \text{【0077】} \\ & \dots (31) \end{aligned}$$

は、フラグF1が判定値D<sub>1</sub>'を基礎情報としているのに対して、フラグF2が判定値D<sub>1</sub>'の平均値D<sub>av</sub>を基礎情報としている点である。ステップS23での判別の結果、フラグF2がセットされていると判別されると、下記(32)式に示すように、平均値D<sub>av</sub>の絶対値が予め定める第1しきい値D<sub>TH3</sub>（たとえばD<sub>TH3</sub>=0.05）未満であるか否かが判別される（ステップS24）。

$$\begin{aligned} & \text{【0079】} \\ & \dots (32) \end{aligned}$$

停止させるべく、フラグF2がリセットされる（ステップS25）。

【0080】一方、上記(32)式は満足されないと判別されると、いずれかのタイヤW<sub>1</sub>の空気圧が低下していると判断される。したがって、現在発生している警報は正



しい警報である。そのため、当該警報を継続させるべく、フラグF 2はセット状態のまま維持される(ステップS 26)。ステップS 23での判別の結果、フラグF 2はセットされていないと判別されると、下記(33)式に示すように、平均値 $D_{av}$ の絶対値が上記第1しきい値D

$$|D_{av}| > D_{TH1}$$

この結果、上記(33)式が満足されたと判別されると、いずれかのタイヤ $W_1$ の空気圧が低下していると判断される。したがって、警報を発生させるべく、フラグF 2がセットされる(ステップS 26)。一方、上記(33)式は満足されないと判別されると、タイヤ $W_1$ の空気圧は正常内圧であると判断され、フラグF 2はリセット状態のまま維持される(ステップS 28)。

【0082】このように、フラグF 2のセット/リセットを決定するしきい値を第1しきい値 $D_{TH3}$ 、第2しきい値 $D_{TH4}$ と変えてヒステリシス特性を持たせることで、下記①および②の効果を得ることができる。すなわち、①誤警報が発生しにくい、②警報がいったん発生すると停止しにくい。以上、ステップS 15～S 18ならびにステップS 19～S 28の結果、フラグF 1、F 2はセットまたはリセットされている。

【0083】図5のステップS 29では、上記フラグF 1またはフラグF 2のうちいずれか一方でもセットされているか否かが判別される。その結果、いずれか一方でもセットされていると判別されると、いずれかのタイヤ $W_1$ の空気圧が低下していると判別され、警報が発生される(ステップS 30)。この警報発生は、たとえば図1に示す表示器3で行われる。一方、いずれのフラグF 1、F 2もリセットされていると判別されると、タイヤ $W_1$ の空気圧はすべて正常であると判断され、警報発生が禁止される(ステップS 31)。

【0084】なお、警報発生に関連して、単に空気圧が低下していることだけをドライバに報知するよりも、いずれのタイヤ $W_1$ の空気圧が低下しているのかも報知で

$$S = (V - r F_1) / r F_1$$

$$S = (V - r F_1) / V$$

上記(34)、(35)式をそれぞれ変形すると、

$$r F_1 = V / (1 + S)$$

$$r F_1 = V \times (1 - S)$$

と表すことができる。

【0087】一方、タイヤ $W_1$ がグリップ限界に達するまでの間では、スリップ率Sは、下記(38)式のように表すこともできる。ただし、下記(38)式において、 $F_x$ は駆動/制動力(駆動時には $F_x < 0$ 、制動時には $F_x > 0$ )、 $C_x$ はタイヤ $W_1$ を構成しているゴムの単位面積

$$S = \frac{2 F_x}{C_x \times W_D \times L^2}$$

【0089】この(38)式を上記(36)、(37)式に代入すると、

$D_{TH3}$ よりも大きい第2しきい値 $D_{TH4}$ (たとえば $D_{TH4} = 0.1$ )よりも大きいかが判別される(ステップS 27)。

【0081】

……(33)

きる方が、ドライバにとってはよりわかりやすくなる。そこで、次に、空気圧が低下しているタイヤ $W_1$ を特定する方法について説明する。上記(29)式により求められた判定値 $D_1'$ に基づくと、

$D_1' > 0$ であれば、減圧しているタイヤは $W_1$ または $W_4$

$D_1' < 0$ であれば、減圧しているタイヤは $W_2$ または $W_3$

と特定できる。さらに、この場合において、車両が直進状態では、

$F_{21} > F_{22}$  ならば、減圧しているタイヤは $W_1$

$F_{21} < F_{22}$  ならば、減圧しているタイヤは $W_2$

$F_{23} > F_{24}$  ならば、減圧しているタイヤは $W_3$

$F_{23} < F_{24}$  ならば、減圧しているタイヤは $W_4$

と特定できる。

【0085】以上の結果、空気圧が低下しているタイヤ $W_1$ が特定されると、その結果は表示器3へ出力されて表示される。表示器3における表示形態としては、たとえば図2に示すように、4つのタイヤ $W_1$ 、 $W_2$ 、 $W_3$ 、 $W_4$ に対応する表示ランプが同時に点灯するようにされている。次に、車両が制動状態である場合にのみ第2の警報準備処理を実行する理由について説明する。

【0086】駆動タイヤ $W_1$ では、駆動/制動力が発生するので、車両の速度Vとタイヤ $W_1$ の速度 $V_1$ とは異なる。その差の程度を表す尺度として、いわゆるスリップ率Sが下記(34)、(35)式のように駆動時と制動時とに分けてそれぞれ定義されている。

$$(S < 0) \quad \dots (34)$$

$$(S > 0) \quad \dots (35)$$

$$(S < 0) \quad \dots (36)$$

$$(S > 0) \quad \dots (37)$$

40 当たりの前後方向の剪断弾性定数、 $W_D$ はタイヤ $W_1$ の接地面の幅、およびLはタイヤ $W_1$ の接地面の長さを表す。

【0088】

【数7】

……(38)

【0090】

50 【数8】

$$r F_x = \frac{V}{1 + \{2 F_x / (C_x \times W_D \times L^2)\}} \quad \dots (39)$$

$$r F_x = V \times \{1 - 2 F_x / (C_x \times W_D \times L^2)\} \quad \dots (40)$$

【0091】をそれぞれ得ることができる。ところで、タイヤW<sub>1</sub>の空気圧が低下すると、タイヤW<sub>1</sub>の静荷重半径rは小さくなる。一方、タイヤW<sub>1</sub>の接地面積は増加する。そのため、空気圧が低下しているタイヤW<sub>1</sub>で

$$r - \Delta r \quad \text{ただし、} 0 < \Delta r < r \quad \dots (41)$$

$$W_D + \Delta W_D \quad \text{ただし、} 0 < \Delta W_D \quad \dots (42)$$

$$L + \Delta L \quad \text{ただし、} 0 < L \quad \dots (43)$$

と表すことができる。

【0092】この(41)～(43)式を利用して、駆動時における上記(39)式を変形すると、正常内圧のタイヤW<sub>1</sub>の回転角速度ω<sub>0</sub>、および空気圧が低下しているタイヤW

$$\omega_0 = \frac{1}{r} \times \frac{V}{1 + \{2 F_x / (C_x \times W_D \times L^2)\}} \quad \dots (44)$$

$$\omega_1 = \frac{1}{r - \Delta r} \times \frac{V}{1 + \{2 F_x / (C_x \times (W_D + \Delta W) \times (L + \Delta L)^2)\}} \quad \dots (45)$$

【0094】となる。ここで、上記(44)、(45)式から下記①、②のような事実を導き出すことができる。

① 空気圧低下に伴うタイヤW<sub>1</sub>の静荷重半径rの低下が当該タイヤW<sub>1</sub>の回転角速度ω<sub>1</sub>を増加させる要因となっている。

【0095】② 駆動時にはF<sub>x</sub> < 0なので、上記(45)式の第2項目は上記(44)式の第2項目よりも小さくなる。したがって、空気圧が低下しているタイヤW<sub>1</sub>の回

$$-F_x = \mu_r \times W_g + \mu_1 \times Q \times V^2 + W_g \times \sin \theta$$

この(46)式を見て明らかのように、駆動/制動力|F<sub>x</sub>|は、車両の速度Vの2乗および前後加速度Aで増加する。したがって、高速走行時や登坂走行時には、駆動/制動力|F<sub>x</sub>|が増加する。そのため、上記(45)式の中

$$\omega_0 = \frac{V}{r} \times \left(1 - \frac{2 F_x}{C_x \times W_D \times L^2}\right) \quad \dots (47)$$

$$\omega_1 = \frac{V}{r - \Delta r} \times \left\{1 - \frac{2 F_x}{C_x \times (W_D + \Delta W) \times (L + \Delta L)^2}\right\} \quad \dots (48)$$

は、タイヤW<sub>1</sub>の静荷重半径r、タイヤW<sub>1</sub>の接地面の幅W<sub>D</sub>およびタイヤW<sub>1</sub>の接地面の長さLは、それぞれ、

の回転角速度ω<sub>1</sub>は、それぞれ、

【0093】

【数9】

回転角速度ω<sub>1</sub>はその増加傾向が抑制される。また、上記駆動/制動力F<sub>x</sub>は、下記(46)のように表すことができる。ただし、下記(46)式において、μ<sub>r</sub>はころがり抵抗、W<sub>g</sub>は車両総重量、μ<sub>1</sub>は空気抵抗係数、Qは車両の前面投影面積、θは傾斜角度、W<sub>r</sub>は回転部相等重量、gは重力加速度である。

【0096】

$$+ (W_g + W_r) \times A / g \quad \dots (46)$$

タイヤW<sub>1</sub>の回転角速度ω<sub>0</sub>とはほとんど差がなくなる。

【0097】一方、上記(41)～(43)式を利用して、制動時における上記(40)式を変形すると、正常内圧のタイヤW<sub>1</sub>の回転角速度ω<sub>0</sub>、および空気圧が低下しているタイヤW<sub>1</sub>の回転角速度ω<sub>1</sub>は、それぞれ、

【0098】

【数10】

【0099】となる。ここで、上記(47)、(48)式から次の①'、②'のような事実を導き出すことができる。

①' 空気圧低下に伴うタイヤW<sub>i</sub>の静荷重半径rの低下が当該タイヤW<sub>i</sub>の回転角速度 $\omega_i$ を増加させる要因となっている。

【0100】②' 制動時には $F_x > 0$ なので、上記(48)式の中括弧の部分は上記(47)式の括弧の部分よりも大きくなる。したがって、空気圧が低下しているタイヤW<sub>i</sub>の回転角速度 $\omega_i$ はその増加傾向が助長される。そのため、制動時には、空気圧が低下しているタイヤW<sub>i</sub>の回転角速度 $\omega_i$ と正常内圧のタイヤW<sub>i</sub>の回転角速度 $\omega_0$ との差は大きくなる。

【0101】以上のように、空気圧が低下しているタイヤW<sub>i</sub>の回転角速度 $F_i$ と正常内圧のタイヤW<sub>i</sub>の回転角速度 $F_i$ との差は、車両に大きな駆動トルクがかかるときにはほとんどなくなる。逆に、車両にかかる駆動トルクが小さいときには大きくなる。したがって、たとえばタイヤW<sub>i</sub>のうちいずれか1つの空気圧が低下した場合の判定値 $D_i'$ は、図7に示すように、車両が制動状態(前後加速度Aが負の範囲)では、0以外の値をとる。そのため、車両が制動状態である場合にのみ第2の警報準備処理を実行することとしている。

【0102】以上のように本実施形態のタイヤ空気圧低下検出装置によれば、空気圧低下時のタイヤW<sub>i</sub>の回転角速度 $\omega_i$ と正常内圧時のタイヤW<sub>i</sub>の回転角速度 $\omega_0$ との差が大きくなる車両が制動状態のときにのみ空気圧が低下しているか否かの判定を行うようにしている。したがって、タイヤW<sub>i</sub>の空気圧が低下しているか否かを正確に判定できる。そのため、ドライバに対して確実な警報発生/禁止を行うことができる。よって、交通安全を向上できる。

【0103】この発明の実施の形態の説明は以上のとおりであるが、この発明は上述の実施形態に限定されるものではない。たとえば上記実施形態では、図4のステップS19～ステップS28によって第2の警報準備処理が実行されているが、たとえば上記ステップS19～S28の中のステップS22～S28の処理を図8に示すステップP1～P4の処理に置き換えてもよい。

【0104】より詳述すると、図8において、RAM2dに記憶されている判定値 $D_i'$ がn個に達した場合には、各判定値 $D_i'$ の絶対値がすべて第2しきい値 $D_{TH4}$ 以上であるか否かが判別される(ステップP1)。その結果、すべての判定値 $D_i'$ の絶対値が第2しきい値 $D_{TH4}$ 以上であれば、いずれかのタイヤW<sub>i</sub>の空気圧が低下しているとみなされ、警報を発生させるため、フラグF2がセットされる(ステップP2)。

【0105】一方、判定値 $D_i'$ の絶対値のうち1つでも第2しきい値 $D_{TH4}$ 未満であれば、次に判定値 $D_i'$ の絶対値のすべてが上記第2しきい値 $D_{TH4}$ よりも小さい第1しきい値 $D_{TH3}$ 未満であるか否かが判別される

(ステップP3)。その結果、すべての判定値 $D_i'$ の絶対値が第1しきい値 $D_{TH3}$ 未満であると判別されると、タイヤW<sub>i</sub>は正常内圧であるとみなされ、フラグF2がリセットされる(ステップP4)。

【0106】また、上記実施形態では、タイヤW<sub>i</sub>の回転角速度 $F_{2i}$ に基づいて車両の前後加速度Aを求め、この求められた車両の前後加速度Aに基づいて車両が制動状態であるか否かを判別し、その結果車両が制動状態であると判別された場合に空気圧低下判定を行うようにしている。しかし、車両が制動状態であってもフットブレーキペダル5が踏まれている場合には、各タイヤW<sub>i</sub>のブレーキパッドの擦り減り方などによって各タイヤW<sub>i</sub>の回転角速度 $F_{2i}$ がばらつくため、空気圧低下判定を正確に行うことができなくなる。

【0107】そこで、図4のステップS20とステップS21との間に、たとえば図9に示す処理を挿入するようにしてもよい。より詳述すると、車両が制動状態であると判別された場合(ステップS19のYES)、フットブレーキ作動状態検出ユニット4からフットブレーキ作動状態が取得される(ステップQ1)。そして、この取得されたフットブレーキ作動状態に基づき、フットブレーキペダル5が踏まれているか否かが判別される(ステップQ2)。その結果、フットブレーキペダル5が踏まれていないと判別された場合には、ステップS21に移行する。一方、フットブレーキペダル5が踏まれていると判別された場合には、ステップS29に移行する。

【0108】この構成によれば、フットブレーキペダル5が踏まれることによる制動時には第2の警報準備処理の実行を禁止しているので、警報を正しく発生させることができる。また、上記実施形態では、第2の警報準備処理におけるフラグF2のセット/リセット動作は、車両の走行状態等による突発的なノイズ除去のため、RAM2dに記憶されている判定値 $D'$ がn個に達するまで実行されない。すなわち、上記動作の実行が許容される条件(フィルタリング長)は固定されている。

【0109】しかし、たとえばフィルタリング長を車両の速度に応じて適宜変更するようにしてもよい。すなわち、車両の高速走行時には、車両の走行状態や路面状態は比較的安定している。したがって、突発的なノイズが回転角速度 $F_i$ に混入することはほとんどない。そのため、フィルタリング長を短くしても、空気圧低下判定の精度にはほとんど影響はない。また、たとえばタイヤW<sub>i</sub>がパンクした場合、車両の高速走行時にバーストするおそれがある。したがって、車両の高速走行時にフィルタリング長を短くする方が好ましい。

【0110】そこで、上記図4のステップS21～S28の第2の警報準備処理を図10に示すフローチャートで示す処理に置き換えるようにしてもよい。図10は、フィルタリング長を車両の速度に応じて変更する処理を説明するためのフローチャートである。この処理では、

まず、図3のステップS6で取得された車両の速度が参照され、この車両の速度に応じた重み係数WGが取得される(ステップT1)。具体的には、ROM2cに予め記憶されている関数 $f(V)$ に基づいて、車両の速度 $V$ に応じた重み係数WGが取得される。

【0111】関数 $f(V)$ は、たとえば図11(a)に示すような曲線で表現され、車両の速度 $V$ と重み係数WGとが1対1に対応している。重み係数WGは「1」に漸近するように設定されている。ROM2cに記憶する際には、簡単のため、関数 $f(V)$ を図11(b)に示すように複数の一次関数 $f_1(V)$ 、 $f_2(V)$ 、 $f_3(V)$ 、...に分割し、各一次関数 $f_1(V)$ 、 $f_2(V)$ 、 $f_3(V)$ 、...を折れ線状につないで記憶する方が好ましい。

【0112】重み係数WGが取得されると、後で判定値 $D_1'$ の平均を求める際に利用するため、当該重み係数WGが累積される(ステップT2)。具体的には、従前までの重み係数WGの累積値TWに重み係数WGが加算され、新たな累積値TWが求められる。また、ステップS9で取得されてバッファに記憶されている判定値 $D_1'$ に取得された重み係数WGを乗じ、当該計算結果が累積される(ステップT3)。具体的には、従前までの計算結果の累積値WDに計算結果( $D_1' \times WG$ )が加算され、新たな累積値WDが求められる。

【0113】その後、重み係数WGの累積値TWが固定の所定値 $TW_{th}$ を越えたか否かが判別される(ステップT4)。その結果、累積値TWが所定値 $TW_{th}$ を越えていないと判別されると、フィルタリングにはまだ不十分なフィルタリング長であると判断され、図5のステップS29に移行する。一方、累積値TWが所定値 $TW_{th}$ を越えたと判別されると、フィルタリングに十分なフィルタリング長であると判断され、判定値 $D_1'$ の累積値WDの平均値 $WD_{av}$ が求められる(ステップT5)。具体的には、累積値WDが重み係数WGの累積値TWで割算される。

【0114】その後は、上記図4の処理と同様に、ステップT5で求められた平均値 $WD_{av}$ の絶対値が第2しきい値 $D_{th4}$ よりも大きい場合にフラグF2がセットされる。また、第2しきい値 $D_{th4}$ よりも小さい第1しきい値 $D_{th3}$ 以下であれば、フラグF2がリセットされる(ステップT6~T11)。以上の処理が終了した後、次の処理の準備のため、重み係数WGの累積値TWおよび判定値 $D_1'$ の累積値WDがクリアされる(ステップT12)。

【0115】以上のように、この構成によれば、重み係数WGの累積値TWが所定値 $TW_{th}$ を越えたことに応答してフラグF2のセット/リセットが実行される。重み係数WGは車両の速度に比例する。したがって、車両の速度が速くなるほどフィルタリング長が相対的に短くなる。そのため、ノイズの少ない高速走行時には速やかな警報発生/消去を実現できる。また、車両の速度が遅い

ときにはフィルタリング長は相対的に長くなる。そのため、ノイズの多い低速走行時には安全で信頼性の高い警報発生/消去を実現できる。

【0116】その他、特許請求の範囲に記載された技術的事項の範囲内で種々の設計変更を施すことは可能である。

【0117】

【発明の効果】以上のように請求項1または8記載の発明によれば、車両が制動状態である場合にのみタイヤの空気圧が低下しているか否かの判定が行われるので、高速走行時や登坂走行時でも、判定値の低下の影響を受けることなく、タイヤの空気圧が低下しているか否かを正確に判定できる。したがって、タイヤの空気圧が低下しているか否かを正確にドライバに報知できる。そのため、交通安全の向上を図ることができる。

【0118】請求項2または9記載の発明によれば、車両の前後方向加速度が負の所定範囲に含まれているか否かに基づいて車両が制動状態であるか否かを判別しているので、車両が制動状態であるか否かを正確に判別することができる。請求項3または10記載の発明によれば、回転角速度にノイズが混入するおそれのあるフットブレーキペダルが踏まれることによる制動時には、空気圧低下判定を行わないようにしているので、空気圧の低下を正確に判定できる。

【0119】請求項4または11記載の発明によれば、車両の回転角速度を基礎情報として車両の前後方向加速度を検出しているので、前後方向加速度を検出するための特別な構成は不要となる。そのため、構成の簡素化を図ることができる。請求項5または12記載の発明によれば、スピン等によるノイズの混入がほとんどない従動タイヤの回転角速度のみに基づいて車両の前後方向加速度を検出しているので、車両の前後方向加速度を一層正確に検出できる。

【0120】請求項6または13記載の発明によれば、所定数の判定値の平均値に基づいて空気圧低下判定を実行しているので、車両の走行状態等に起因する突発的なノイズの混入の影響を抑圧することができる。そのため、タイヤの空気圧が低下しているか否かを正確に検出できる。請求項7または14記載の発明によれば、車両の速度に応じてタイヤの空気圧低下判定に必要な判定値の数を変更している。したがって、車両の速度が速くなるほど大きな重み係数を対応付けておけば、ノイズの混入がほとんどなく、しかもパンクした場合には比較的速くバーストするおそれがある高速走行時ほど短い周期で空気圧低下判定を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施形態が適用されたタイヤ空気圧低下検出装置の構成を示すブロック図である。

【図2】上記タイヤ空気圧低下検出装置の電氣的構成を示すブロック図である。

【図3】上記タイヤ空気圧低下検出装置における警報発生／停止処理を説明するためのフローチャートである。

【図4】同じく、上記タイヤ空気圧低下検出装置における警報発生／停止処理を説明するためのフローチャートである。

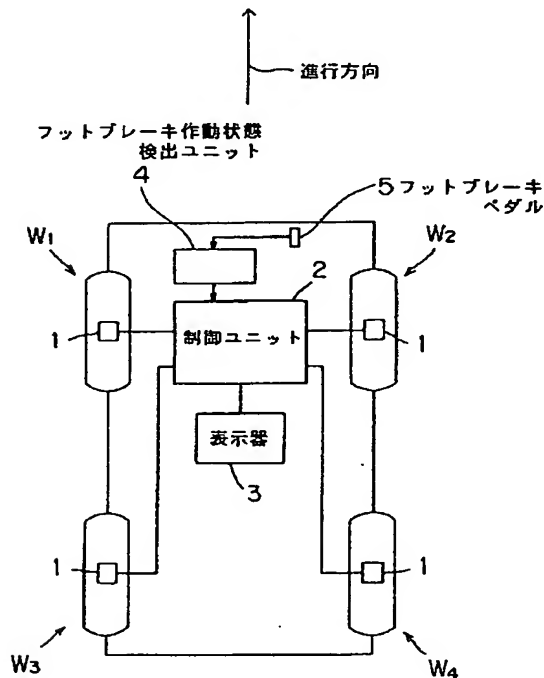
【図5】同じく、上記タイヤ空気圧低下検出装置における警報発生／停止処理を説明するためのフローチャートである。

【図6】タイヤの空気圧低下の判定方法を説明するための図である。

【図7】車両の高速走行時においては、前後加速度が負の範囲において、判定値が0以外の値をとることを説明するための図である。

【図8】この発明の他の実施形態が適用されたタイヤ空気圧低下検出装置における警報発生処理を説明するためのフローチャートである。

【図1】



【図9】この発明の他の実施形態が適用されたタイヤ空気圧低下検出装置における警報発生処理を説明するためのフローチャートである。

【図10】この発明の他の実施形態が適用されたタイヤ空気圧低下検出装置における警報発生処理を説明するためのフローチャートである。

【図11】車両の速度と重み係数との対応関係を示す関数を示す図である。

【図12】空気圧が低下しているタイヤに大きな駆動力がかかることに起因して判定値が0に近づくことを説明するための図である。

【符号の説明】

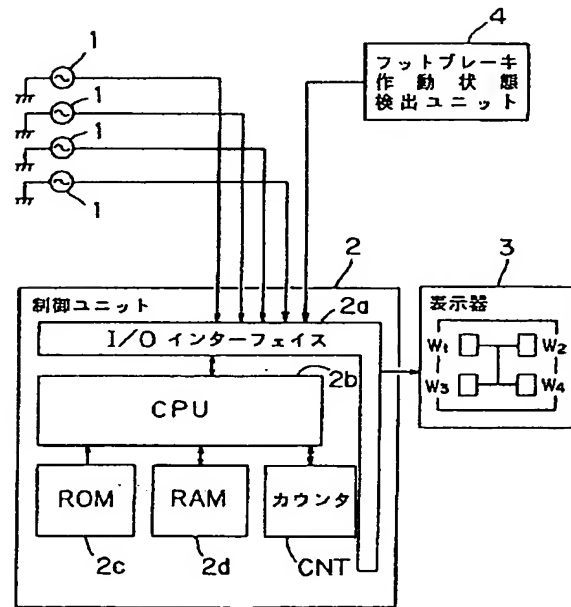
1 車輪速センサ

2 制御ユニット

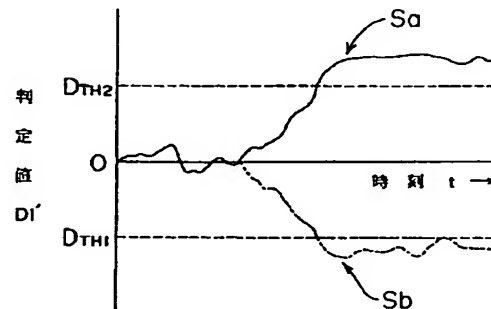
CNT カウンタ

W<sub>1</sub>, W<sub>1</sub> ~ W<sub>4</sub> タイヤ

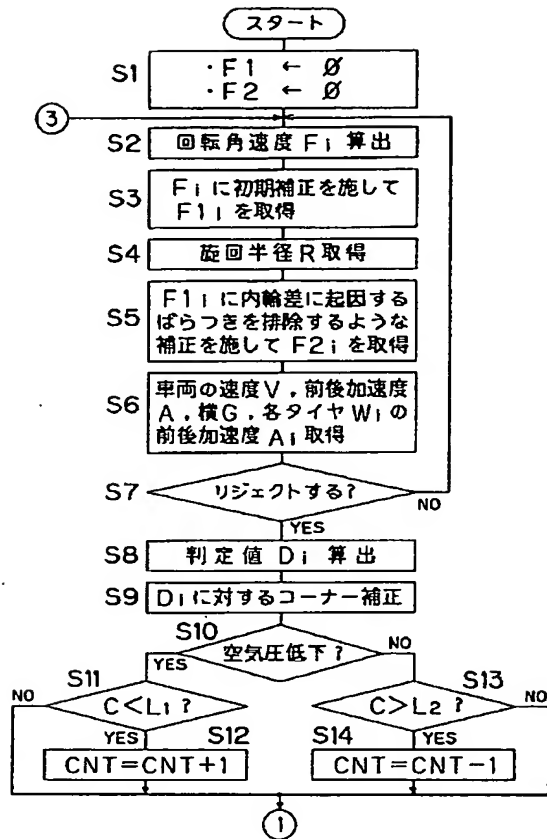
【図2】



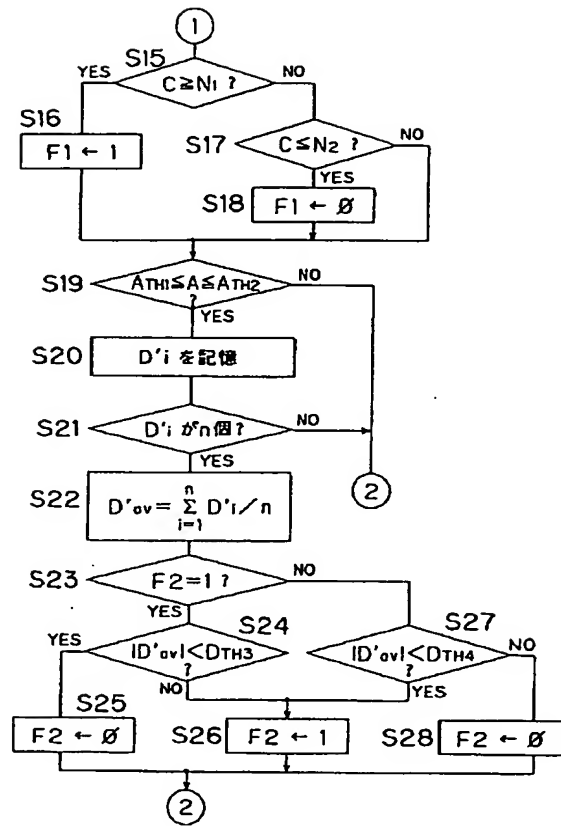
【図6】



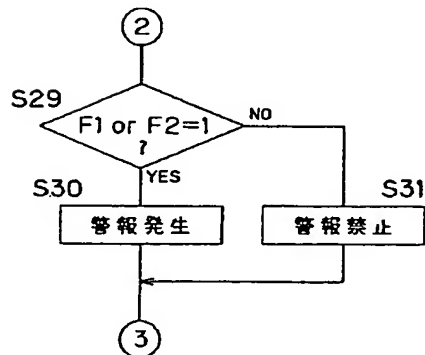
【図3】



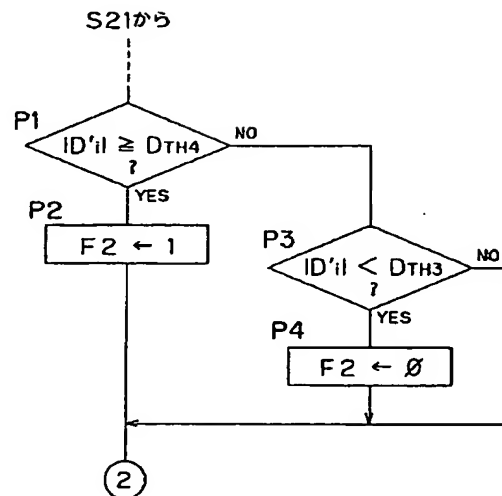
【図4】



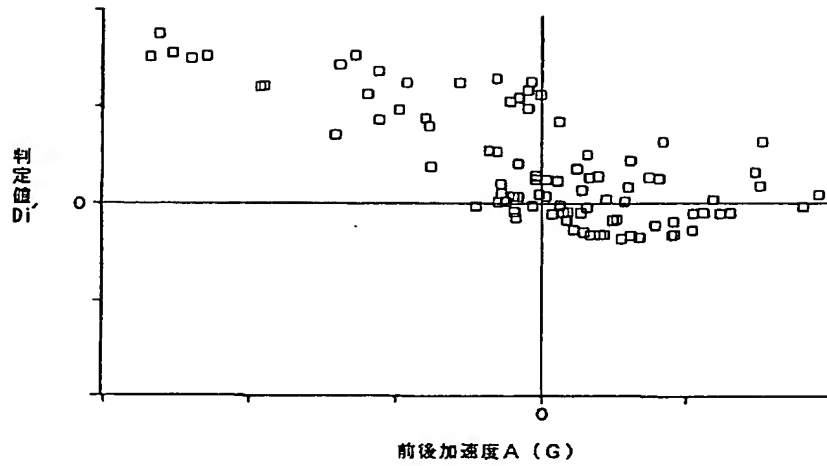
【図5】



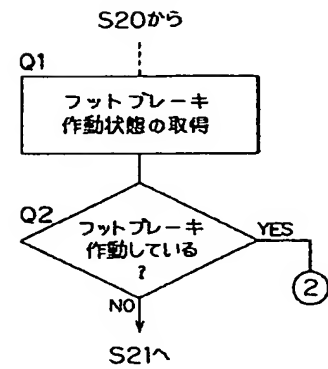
【図8】



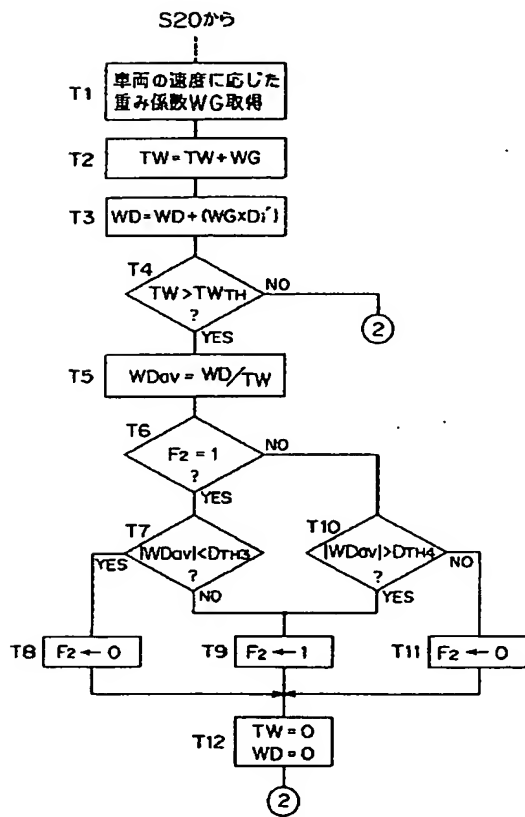
【図7】



【図9】



【図10】



【図11】

